

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-030544

(43)Date of publication of application : 02.02.1999

(51)Int.Cl.

G01F 23/00
G01F 23/26

(21)Application number : 09-187891

(71)Applicant : TANJI YOSUJI

(22)Date of filing : 14.07.1997

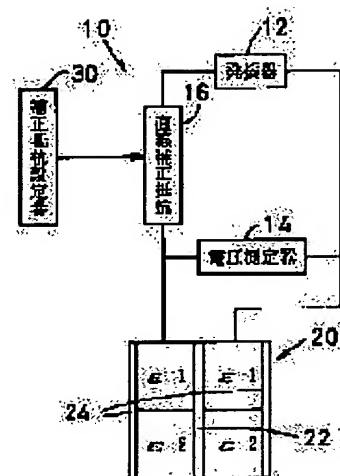
(72)Inventor : KITAGAWA NAOAKI
TANJI YOSUJI

(54) CAPACITANCE-TYPE LIQUID LEVEL MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a capacitance-type liquid level measuring apparatus by which the level of a liquid inside a tank can be measured in real time and continuously, by applying a high frequency across both electrodes of a level sensor, which is composed of a detecting electrode and a shielding electrode, and measuring the interelectrode voltage.

SOLUTION: A level sensor 20 is composed of a rod-shaped detecting electrode 22 and of a cylindrical shielding electrode 24 which is arranged coaxially. When the level sensor 20 is inserted into a liquid inside a tank, the liquid flows into the level sensor 20, and both levels become equal. Then, when a high frequency is applied across both electrodes by an oscillator 12, the capacitance of the level sensor 20 is changed due to a change in the levels. An interelectrode voltage which is changed due to the change is measured by a voltage measuring device 14. Thereby, the change in the levels of the liquid inside the tank can be detected continuously. At this time, by using a linearity correction resistance 16 which is corrected to an optimum value by a correction resistance setter 30, the nonlinearity of an interelectrode voltage-capacitance characteristic can be corrected to be linear.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.07.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-30544

(43)公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 F 23/00
23/26

G 0 1 F 23/00
23/26

A
A

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-187891

(22)出願日 平成9年(1997) 7月14日

(71)出願人 394003438

丹治 興宗治

滋賀県伊香郡西浅井町大字小山328

(72)発明者 北川 直明

滋賀県長浜市神照町886-1 株式会社タ
ンジ製作所内

(72)発明者 丹治 興宗治

滋賀県長浜市神照町886-1 株式会社タ
ンジ製作所内

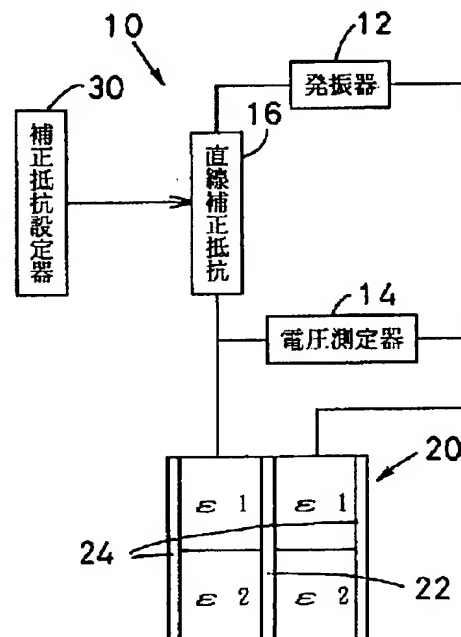
(74)代理人 弁理士 楠本 高義

(54)【発明の名称】 静電容量式液面レベル測定装置

(57)【要約】

【目的】 タンク内の液体の液面レベル(液面高さ)をリアルタイム且つ連続的に測定することのできる液面レベル測定装置を提供する。

【構成】 棒状の検知電極22と該検知電極22を中心として同軸状に配置された筒状のシールド電極24とからなる液面レベルセンサ20と、該液面レベルセンサ20に接続して高周波を印加する発振器12と、該液面レベルセンサ20の電極間電圧の測定を行う電圧測定器14と、該発振器12と該液面レベルセンサ20間に接続され、該液面レベルセンサ20の静電容量変化に対する該電極間電圧の非直線変化の直線補正を行う直線補正抵抗16と、該直線補正抵抗16に接続して該直線補正抵抗16の抵抗値設定を行う補正抵抗設定器30とから構成された静電容量式液面レベル測定装置を用いることにより、タンク内の液体の液面レベル(液面高さ)をリアルタイム且つ連続的に測定できるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 棒状の検知電極と該検知電極を中心として同軸状に配置された筒状のシールド電極とからなる液面レベルセンサと、該液面レベルセンサの両電極に接続して高周波を印加する発振器と、前記液面レベルセンサの電極間電圧の測定を行う電圧測定器と、該発振器と該液面レベルセンサ間に接続され、該液面レベルセンサの静電容量変化に対する該電極間電圧変化の直線補正を行う直線補正抵抗と、該直線補正抵抗に接続して該直線補正抵抗の抵抗値設定を行う補正抵抗設定器とから構成されたことを特徴とする静電容量式液面レベル測定装置。

【請求項2】 前記補正抵抗設定器が、複数の直線補正抵抗値に対する前記電極間電圧変化の非直線誤差の算出を行う非直線誤差算出手段と、算出された非直線誤差の中から非直線誤差が最小となる直線補正抵抗値の選択を行う抵抗値選択手段と、該抵抗値選択手段により選択された抵抗値に前記直線補正抵抗を設定する抵抗値設定手段とから構成されていることを特徴とする請求項1に記載する静電容量式液面レベル測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、タンク内の液体量を検出する測定装置に関し、より詳しくは、タンク内の液体の液面レベル（液面高さ）をリアルタイム且つ連続的に測定することのできる液面レベル測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 液面レベル（液面高さ）を電気的に検出する測定装置としては、電極式レベルセンサや静電容量式レベルセンサ等がよく知られている。電極式レベルセンサは、液中に電極を差し込んで、液中を流れる電流値により液面レベルの測定を行うものである。また、静電容量式レベルセンサは、金属性タンク内に1本の電極を差し込んで、電極とタンク間の静電容量により液面レベルの測定を行うものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、電極式レベルセンサは、その原理から導電性の液体にしか使用することはできず、更には、液体に直接電流を流すために、感電等の事故の危険性がある等の問題を抱えている。また、静電容量式レベルセンサは、その原理からタンクは金属製に限られ、更には、タンク自体を電極として用いているために、液体流入用バルブが開いている場合と閉じている場合とでは静電容量が違って来る等、タンクの状態によっても静電容量が変化してしまう等の問題を抱えている。

【0004】 その解決策として、例えば、特開平2-491119号公報に開示されているような静電容量式レベルセンサ等がある。この液面レベルセンサは、電極とこの電極を同軸状に囲むシールド管とから構成され、電極

とシールド管間の静電容量を測定することにより液面レベルの測定を行うものである。具体的には、電極とシールド管間の電圧を測定することにより静電容量の変化を検出している。

【0005】 しかしながら、液面レベルと静電容量との関係は直線となるが、電極間電圧と静電容量との関係は非直線（曲線）となる。そのため、電極間電圧の変化から静電容量の変化を直接求めることはできず、別途電極間電圧の変化から静電容量の変化を導き出す変換装置等が必要になる。

【0006】 そこで、本発明者は、このような課題を解決するべく、鋭意研究を重ねた結果、本発明に至ったのである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の静電容量式液面レベル測定装置の要旨とするところは、棒状の検知電極と該検知電極を中心として同軸状に配置された筒状のシールド電極とからなる液面レベルセンサと、該液面レベルセンサの両電極に接続して高周波を印加する発振器と、前記液面レベルセンサの電極間電圧の測定を行う電圧測定器と、該発振器と該液面レベルセンサ間に接続され、該液面レベルセンサの静電容量変化に対する該電極間電圧変化の直線補正を行う直線補正抵抗と、該直線補正抵抗に接続して該直線補正抵抗の抵抗値設定を行う補正抵抗設定器とから構成されたことにある。

【0008】 また、本発明の静電容量式液面レベル測定装置の要旨とするところは、前記補正抵抗設定器が、複数の直線補正抵抗値に対する前記電極間電圧変化の非直線誤差の算出を行う非直線誤差算出手段と、算出された非直線誤差の中から非直線誤差が最小となる直線補正抵抗値の選択を行う抵抗値選択手段と、該抵抗値選択手段により選択された抵抗値に前記直線補正抵抗を設定する抵抗値設定手段とから構成されていることにある。

【0009】 図5に示すような、半径 a [m]、長さ $L = L_1 + L_s$ [m] の円柱棒状の検知電極22と、検知電極22を中心として同軸状に配置された内面半径 b [m]、長さ L [m] の円筒状のシールド電極24とから構成された液面レベルセンサ20において、比誘電率 ϵ_s の液体が下端から高さ L_s [m] まで満たされている場合の静電容量 C は数1で表すことができ、この数1より数2が導かれる。ただし、 ϵ_1 は空気の誘電率、 ϵ_2 は液体の誘電率、 L_1 は空気部の長さ（ $L_1 = L - L_s$ [m]）である。

【0010】

【数1】

$$C = \frac{2\pi(\epsilon_1 L_1 + \epsilon_2 L_s)}{\text{Log}_e(b/a)} \quad \text{[F]} \quad \text{【0011】}$$

【0011】

【数2】

$$C \approx \frac{55.6 \times 10^{-12} \{ L + (\epsilon_s - 1) L_s \}}{\text{Log.}(b/a)} \quad (F) \quad (F)$$

【0012】また、この液面レベルセンサ20と直列に抵抗R及び発振器12（発振周波数f、入力電圧V_i）を接続した場合の等価回路は図6のように表せ、このときの液面レベルセンサ20の電極間電圧V_oは、数3で表すことができる。ただし、Cは液面レベルセンサの静電容量[F]、Rは抵抗[Ω]、 $\omega = 2\pi f$ である。

【0013】

【数3】

$$|V_o| = \frac{|V_i|}{\{1 + (\omega CR)^2\}^{1/2}} \quad (V)$$

【0014】そして、数2より液面レベルセンサ20の静電容量Cは液面レベルL_sによって変化し、数3より液面レベルセンサの電極間電圧V_oは静電容量Cによって変化することがわかる。そのため、液面レベルL_sの変化を電極間電圧V_oの変化として捕らえることができる。よって、電極間電圧V_oを測定することにより液面レベルL_sをリアルタイム且つ連続的に測定することができる。

【0015】しかしながら、液面レベルセンサ20の静電容量Cと液面レベルL_sとの関係は数2より直線となることがわかるが、電極間電圧V_oと液面レベルセンサ20の静電容量Cとの関係は図7に示すような曲線Vとなり直線性はない。そのため、抵抗Rを直線補正用の抵抗として用い、この直線補正抵抗Rを調整することにより電極間電圧V_o—静電容量C特性曲線Vの直線補正を行う。具体的には、図7に示すように、液面レベルの下限値L_Lにおける静電容量及び電極間電圧（C_L、V_L）と液面レベルの上限値L_Hにおける静電容量及び電極間電圧（C_H、V_H）とを結んだ直線（数4）を理想直線Qとし、この理想直線Qと数3より求められる電極間電圧V_o（理論曲線V）間の誤差（図の斜線部分）が最も小さくなるように直線補正抵抗Rの設定を行う。これにより、測定される電極間電圧V_o（曲線V）の直線補正が行われ、測定電圧V_o（曲線V）の非直線性を改善することができる。

【0016】

【数4】

$$V_o = \frac{V_H - V_L}{C_H - C_L} C + V_L - \frac{V_H - V_L}{C_H - C_L} C_H \quad (V)$$

【0017】

【発明の実施の形態】次に、本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置の実施の形態について、図面に基づいて詳しく説明する。

【0018】図1は本発明の静電容量式液面レベル測定装置10であり、棒状の検知電極22と検知電極22を

中心として同軸状に配置された筒状のシールド電極24とからなる液面レベルセンサ20と、液面レベルセンサ20の両電極22、24に接続して高周波を印加する発振器12と、液面レベルセンサ20の電極間電圧の測定を行う電圧測定器14と、発振器12と液面レベルセンサ20間に接続され、液面レベルセンサ20の静電容量変化に対する電極間電圧の非直線変化の直線補正を行う直線補正抵抗16と、直線補正抵抗16に接続して直線補正抵抗16の抵抗値設定を行う補正抵抗設定器30とから構成されている。

【0019】液面レベルセンサ20は、図3及び図4に示すように、断面が円形状の棒状の検知電極22と、この検知電極22に対して同軸状に配置された円筒状のシールド電極24とから構成されており、センサ20の上端部及び下端部には絶縁性のキャップ26、28が取り付けられ、検知電極22とシールド電極24の固定を行っている。また、シールド電極24の上端部付近及び下端部付近にはシールド電極24内に液体40がスムーズに入り込むように、空気流入口46及び液体流入口48が設けられている。また、すくなくとも検知電極22の表面には絶縁皮膜が施されている。更に、検知電極22が細く線状である場合には、キャップ26、28により検知電極22にテンションをかけて検知電極22の曲折や緩みを防止している。

【0020】発振器12は液面レベルセンサ20の両電極22、24に接続して高周波を印加するものであり、電圧測定器14は液面レベルセンサ20の両電極22、24に接続して電極間の電圧V_oを測定するものである。また、直線補正抵抗16は液面レベルセンサ20と直列に接続して、液面レベルセンサ20の電極間電圧—静電容量特性の直線補正を行うものであり、補正抵抗設定器30は直線補正抵抗16に接続して、直線性が最もよくなるような抵抗値に直線補正抵抗16を設定するものである。そして、これら発振器12、電圧測定器14、直線補正抵抗16及び補正抵抗設定器30は、液面レベルセンサ20の上端部に一体的にまとめられている。

【0021】また、補正抵抗設定器30は、図2に示すように、複数の直線補正抵抗値に対する非直線誤差の算出を行う非直線誤差算出手段32と、算出された非直線誤差の中から非直線誤差が最小となる直線補正抵抗値の選択を行う抵抗値選択手段34と、抵抗値選択手段34により選択された抵抗値に直線補正抵抗16を設定する抵抗値設定手段36とから構成されている。

【0022】非直線誤差算出手段32は、検知電極22の半径、シールド電極24の内半径、液面レベルセンサ部の長さ、発振器12の入力電圧及び発振周波数などの

測定条件にもとづいて、複数の異なる直線補正抵抗値についての非直線誤差の算出を行うものである。具体的には、図7に示すように、液面レベルの下限值 L_L における静電容量及び電極間電圧(C_L , V_L)と液面レベルの上限值 L_H における静電容量及び電極間電圧(C_H , V_H)を結んだ理想直線Qと、静電容量C-電極間電圧V特性の理論曲線Vとの誤差(図の斜線部分)を算出することにより、異なる直線補正抵抗値ごとの非直線誤差を算出している。

【0023】また、抵抗値選択手段34は非直線誤差算出手段32により算出された非直線誤差の中から、非直線誤差が最小となる直線補正抵抗値を選択するものであり、抵抗値設定手段36は、直線補正抵抗16に接続して、抵抗値選択手段34により選択された抵抗値に、直線補正抵抗16を設定するものである。

【0024】次に、このような静電容量式液面レベル測定装置10を用いてタンク44内の液面レベル42の測定を行う場合について、その作用を説明する。

【0025】図3は、タンク44内に液面レベルセンサ20を挿入して液面レベル測定を行う状態を示しており、タンク44の上部側の蓋部より、液面レベルセンサ20が液体20中に挿入されている。そして、液面レベルセンサ20のシールド電極24には液体流入口48と空気流入口46が設けられているため、タンク44内の液体40は液体流入口48よりセンサ20内に流入し、タンク44内の液面レベル42とセンサ20内の液面レベルが常に等しくなるようになっている。

【0026】そして、発振器12より高周波を印加すると、液面レベル L_S の変化によりセンサ20の静電容量C(数2)が変化し、静電容量Cが変化することにより電極間電圧 V_0 (数3)が変化するため、電圧測定器14でセンサ20の電極間電圧 V_0 の変化を測定することにより、液面レベル L_S の変化を検出することができる。

【0027】このように、本発明の静電容量式液面レベル測定装置10を用いることにより、タンク44内の液面レベル変化を測定電圧 V_0 の変化によりリアルタイム且つ連続的に求めることができる。なお、実際の電極間電圧の測定の際には、図6に示す端子①にダイオードを接続して直流信号に変換して測定を行っている。

【0028】また、本発明の静電容量式液面レベル測定装置10には補正抵抗設定器30が用いられており、非直線誤差算出手段32により直線補正抵抗16の抵抗値ごとに理想直線Qと測定電圧 V_0 の理論曲線Vとの誤差が算出される。詳しく述べると、検知電極20の半径a、シールド電極24の内半径b、液面レベルセンサ部の長さL、発振器12の入力電圧 V_0 及び発振周波数fなどの測定条件にもとづいて、図7に示すような、液面レベルの下限值 L_L における静電容量及び電極間電圧(C_L , V_L)と液面レベルの上限值 L_H における静電

容量及び電極間電圧(C_H , V_H)を結んだ理想直線Q(数4)と、測定される静電容量C-電極間電圧 V_0 の理論曲線V(数3)との誤差(図の斜線部分)を算出するのである。

【0029】なお、非直線誤差の算出については、例えば、図9に示すように、 C_L から C_H 間をいくつかに等分割した各静電容量についての平均誤差を算出するなど、任意の方法で誤差を算出することができる。すなわち、理想直線Qと理論電圧曲線Vとで囲まれた領域(図の斜線部)を厳密に算出する必要は必ずしもなく、例えば、図9においては、静電容量 $C_1 \sim C_{13}$ の各々について数3と数4の誤差を算出し、これらの平均誤差を非直線誤差としている。

【0030】そして、抵抗値選択手段34により、直線補正抵抗16ごとに算出された非直線誤差の中から非直線誤差が最小となる直線補正抵抗値が選択される。そして、抵抗値設定手段36により、選択された抵抗値に直線補正抵抗16が設定される。これにより、測定電圧 V_0 と静電容量C(液面レベル L_S)特性の直線性が最も良い状態で、液面レベル42の測定を行うことができるようになる。

【0031】このように、本発明の直線補正抵抗16及び補正抵抗設定器30を備えた静電容量式液面レベル測定装置10を用いることにより、直線補正抵抗16が最適値に設定された状態で測定を行えるため、直線性の良い測定電圧 V_0 -静電容量C(液面レベル L_S)特性を得ることができる。これにより、測定電圧 V_0 の変化から直接に液面レベル L_S の変化を求めることができる。

【0032】図8は、直線補正抵抗16の設定の一実施例であり、検知電極22の半径aが1.5 [mm]、シールド電極24の内半径bが10 [mm]、液面レベルセンサ部の長さLが2 [m]、液面レベルの下限が0.1 [m]、上限が1.9 [m]、発振器12の入力電圧 V_0 が3 [V]、発振周波数fが1 [MHz]、液体40の非誘電率 ϵ_s が2の測定条件において、直線補正抵抗16が1 [kΩ]、1.5 [kΩ]、2 [kΩ]、2.5 [kΩ]の各場合についての理想直線(破線で図示)と出力電圧 V_0 -液面レベル L_S 特性の理論曲線(実線で図示)との関係を示している。この図面より、直線補正抵抗16を変えることにより、出力電圧 V_0 -液面レベル L_S 特性の直線性が補正されることが分かる。

【0033】以上、本発明の一実施例について説明したが、本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置はその他の態様でも実施し得るものである。例えば、検知電極及びシールド電極の形状は円柱及び円筒形に限定はされず、電極間の測定電圧(静電容量)が液面レベルの変動により変化するものならば任意の形状のものを用いることができる。また、液面レベルセンサの長さ(検知電極及びシールド電極の長さ)も任意の長さとするこ

きる。ただし、液面レベルセンサのインダクタンス分はセンサの長さに比例して大きくなるため、インダクタンス分が無視できなくなった場合は、直列にキャパシタンスを挿入してインダクタンス分を相殺する必要がある。

【0034】また、直線補正抵抗の設定においても、出力電圧－液面レベル（静電容量）特性の直線補正が行えるものならばその方法を問わず、例えば、予め所望の非直線誤差を設定しておき、この設定値以下の非直線誤差となるような抵抗値に直線補正抵抗を設定させるなど、任意の方法で直線補正抵抗を設定することができる。また、理想直線についても、実施例で示した下限値

(C_L , V_L) と上限値 (C_H , V_H) を結んだ直線に限定する必要はなく、例えば、最小2乗法等で求めた回帰直線を理想直線とするなど、理想直線Qを任意の方法で決めることができる。

【0035】また、非直線誤差の算出においても、理想直線Qと理論電圧曲線Vとの誤差は任意の方法で求めることができ、例えば、測定範囲内の理想直線Qと理論電圧曲線Vで囲まれた領域の面積を積分計算により求めて非直線誤差としたり、測定範囲内の理想直線Qと理論電圧曲線Vの最大誤差を非直線誤差とするなど、非直線誤差は任意の方法で算出することができる。

【0036】以上、本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置の実施例について、図面に基づいて種々説明したが、本発明は図示した静電容量式液面レベル測定装置に限定されるものではない。例えば、図6の端子①にダイオードを接続して直流信号に変換する方法では、ダイオードの順方向電圧が温度の影響を受けて変動するため、図10に示すような検出回路を用いてもよい。この回路では、発振器12により端子③－④間において高周波信号が得られ、この高周波信号はダイオード D_1 、 D_2 で直流信号となる。そして、抵抗 R_1 を調整して端子⑤－⑥間の電圧がゼロとなるように調整する。これにより得られた信号は、ダイオードの順方向電圧の温度による変動誤差を相殺し、ノイズにも強い差動信号(V_+ － V_-)となる。その他、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で当業者の知識に基づき種々なる改良、修正、変形を加えた態様で実施できるものである。

【0037】

【発明の効果】本発明の静電容量式液面レベル測定装置によれば、液面レベルの変動により液面レベルセンサの静電容量が変化するため、液面レベルセンサの電極間電圧を測定することにより、液面レベルの変動をリアルタイム且つ連続的に検出することができる。そして、直線補正抵抗により電極間電圧－静電容量特性の非直線性の補正を行うことができる。

【0038】また、本発明の静電容量式液面レベル測定装置によれば、補正抵抗設定器により直線補正抵抗を、測定電圧の直線性が最良となる抵抗値に設定することができる。これにより、電極間電圧－液面レベル特性の直線性が最適に補正された状態で液面レベル測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置の一実施例を示すブロック図である。

【図2】本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置の補正抵抗設定器の一実施例を示すブロック図である。

【図3】図1に示す静電容量式液面レベル測定装置の測定状態を示す側面断面図である。

【図4】図3に示す静電容量式液面レベル測定装置の上面断面図である。

【図5】図1に示す静電容量式液面レベル測定装置の要部拡大説明図である。

【図6】図5に示す静電容量式液面レベル測定装置の等価回路図である。

【図7】図1に示す静電容量式液面レベル測定装置の測定電圧特性及び理想直線を示す図である。

【図8】図2に示す補正抵抗設定器による直線補正の状態を示す図である。

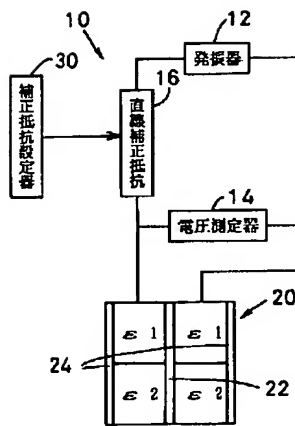
【図9】図2に示す非直線誤差算出手段による非直線誤差の算出方法の一実施例を示す図である。

【図10】本発明に係る静電容量式液面レベル測定装置の他の実施例を示す回路図である。

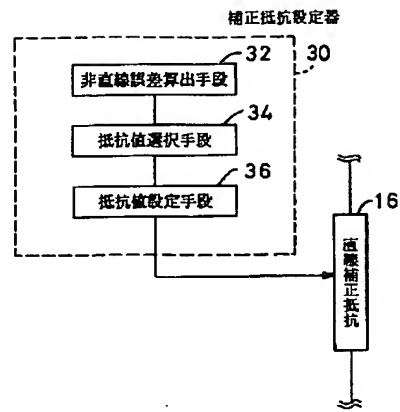
【符号の説明】

- 10, 50 : 静電容量式液面レベル測定装置
- 12 : 発振器
- 14 : 電圧測定器
- 16 : 直線補正抵抗
- 20 : 液面レベルセンサ
- 22 : 検知電極
- 24 : シールド電極
- 26, 28 : キャップ
- 30 : 補正抵抗設定器
- 32 : 非直線誤差算出手段
- 34 : 抵抗値選択手段
- 36 : 抵抗値設定手段
- 40 : 液体
- 42 : 液面レベル
- 44 : タンク
- 46 : 空気流入口
- 48 : 液体流入口

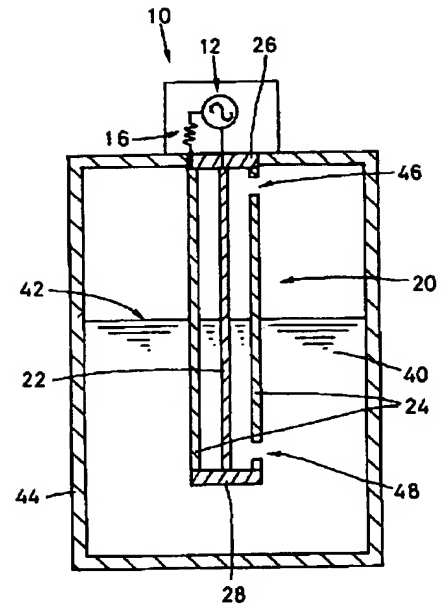
【図1】



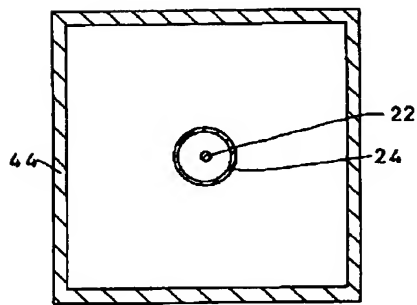
【図2】



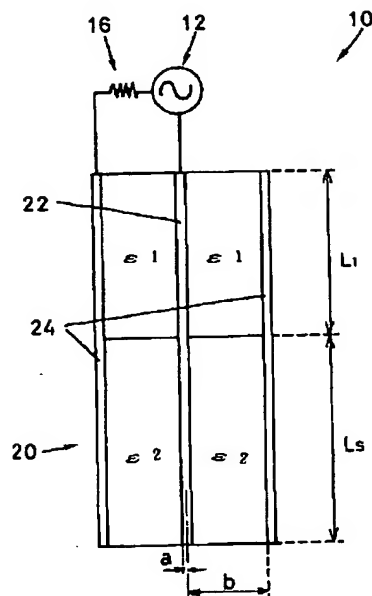
【図3】



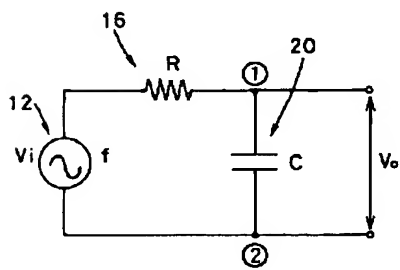
【図4】



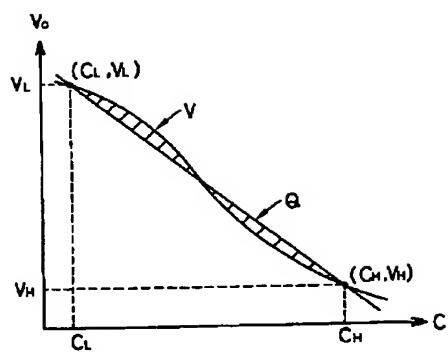
【図5】



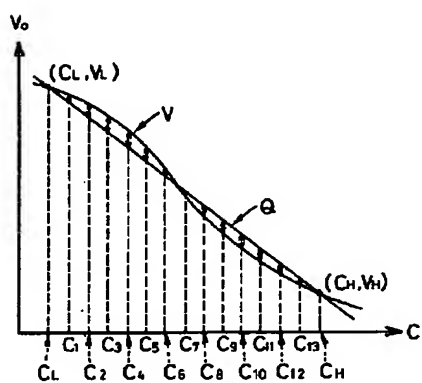
【図6】



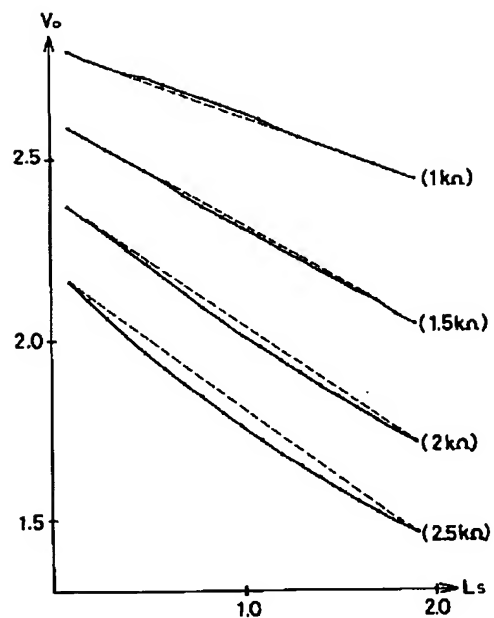
【图 7】



【图 9】



【图 8】



【图 10】

